

12.

MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDING DEVICE

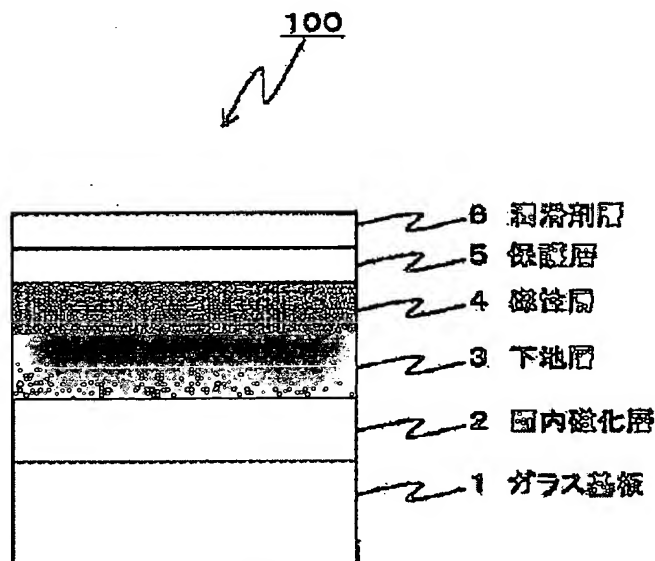
Patent number: JP2001256640
Publication date: 2001-09-21
Inventor: TAKEUCHI TERUAKI; KIRINO FUMIYOSHI; INABA NOBUYUKI; WAKABAYASHI KOICHIRO; WATABE ATSUMI
Applicant: HITACHI MAXELL
Classification:
- international: G11B5/65; G11B5/738; H01F10/16; H01F10/30; G11B5/62; G11B5/64; H01F10/00; H01F10/12; (IPC1-7): G11B5/738; G11B5/65; H01F10/16; H01F10/30
- european:
Application number: JP20000070187 20000314
Priority number(s): JP20000070187 20000314

Report a data error here

Abstract of JP2001256640

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a perpendicular magnetic recording medium and a magnetic recording device for high-density magnetic recording having low noise level.

SOLUTION: The magnetic recording medium 100 has a base layer 3 between a substrate 1 and a magnetic layer 4, showing perpendicular magnetization. The base layer 3 has a structure of hexagonal crystal grains arranged in a honeycomb form. By forming the base layer 3 as the base of the magnetic layer 4, the grain size of the magnetic layer 4 is decreased and the variance of the grain size is decreased. Thereby, the noise from the magnetic recording medium can be decreased, and high-density magnetic recording can be performed. By providing an in-plane magnetization layer 2, a leakage magnetic field from the magnetic layer 4 is increased to increase the reproduction signal. In formation in the obtained magnetic recording medium can be reproduced with a high S/N.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-256640
(P2001-256640A)

(43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 1 1 B	5/738	G 1 1 B	5 D 0 0 6
	5/65		5 E 0 4 9
H 0 1 F	10/16	H 0 1 F	
	10/30		

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-70187(P2000-70187)

(22) 出願日 平成12年3月14日 (2000.3.14)

(71) 出願人 000005810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号

(72) 発明者 竹内 輝明

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

(72) 発明者 桐野 文良

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マクセル株式会社内

(74) 代理人 100099793

弁理士 川北 喜十郎

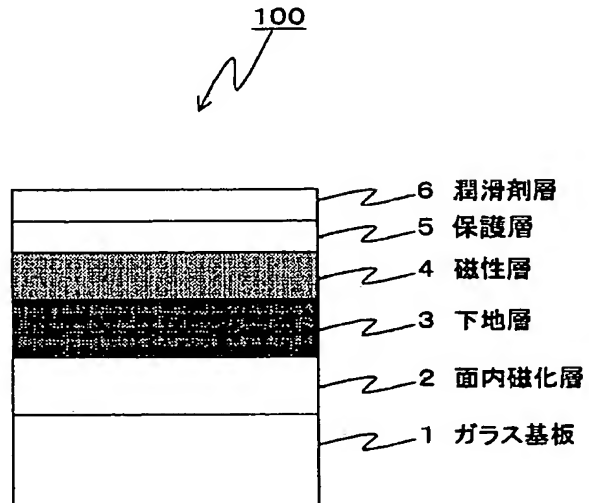
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体及び磁気記録装置

(57) 【要約】

【課題】 低ノイズの高密度磁気記録用の垂直磁気記録媒体及び磁気記録装置を提供する。

【解決手段】 磁気記録媒体100は基板1と垂直磁化を有する磁性層4との間に下地層3を備える。下地層3は正六角形状の結晶粒子がハニカム状に配列した構造を有する。かかる下地層3を磁性層4の下地として備えることにより磁性層4の粒子径は微細化し、粒子径のばらつきが少なくなる。これにより磁気記録媒体からのノイズが低減されるとともに高密度磁気記録が可能になる。更に、面内磁化層2を設けることにより磁性層4からの漏洩磁界が増大し、再生信号が大きくなる。かかる磁気記録媒体は高S/Nで情報を再生することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、該基板の表面に対して垂直な方向に磁化容易方向を有する磁性層を備え、該磁性層に情報が記録される磁気記録媒体において、上記基板と磁性層との間に下地層を備え、該下地層は、酸化コバルト、酸化クロム、酸化鉄及び酸化ニッケルからなる群から選ばれた少なくとも一種の酸化物から構成される結晶粒子と、当該結晶粒子を取り囲む酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタル及び酸化亜鉛からなる群より選ばれた少なくとも 1 種の酸化物を含む結晶粒界面とから構成されることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】 上記結晶粒子は、基板表面に対して垂直な面において柱状で、基板表面に対して平行な面において六角形の形状を有し、且つ基板表面に平行な面内においてハニカム状に配列していることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 3】 上記結晶粒子及び結晶粒界面が非磁性であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 4】 上記下地層の結晶粒子は (1 1 1) 方位に配向していることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 5】 更に、基板表面に対して平行な方向に磁化容易方向を有する面内磁化層を上記基板と下地層との間に備えることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 6】 上記下地層上に、上記磁性層の結晶配向性を強化するための制御層を備えることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 7】 上記制御層は、Ti または Ti を主体とする合金から構成されることを特徴とする請求項 6 に記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】 上記磁性層は、Co を主体とし、Cr、Pt、Ta、Nb、Ti 及び Si からなる群から選ばれた少なくとも 2 種類の元素を含有する合金から構成された強磁性層であることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】 上記下地層は、上記磁性層の結晶粒子径、結晶粒子径分布、結晶粒子間の磁氣的相互作用及び結晶粒子の配向性を制御するための層であることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 10】 請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の磁気記録媒体を備えることを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気により情報が記録される磁気記録媒体及びそれを備える磁気記録装置に関し、更に詳細には、高密度磁気記録に適する垂直磁

気記録媒体及びそれを備える磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 情報ネットワークの進展及びマルチメディアの普及に伴い、これを支える主要な情報記録装置である磁気ディスク装置においては、小型化、低価格化及び大容量化が重要な課題となっている。

【0003】 現在実用化されている磁気ディスク装置は面内磁気記録方式を採用している。すなわち、ディスク面に対して平行な方向に磁化容易軸を有する磁性層を記録層として備えた磁気記録媒体（以下、面内磁気記録媒体と称する）を用い、面内磁化を有する磁区を記録層に形成して記録を行う記録方式である。ところが、かかる面内磁気記録方式においては、磁気記録媒体の記録層の膜厚を厚くすると、磁化方向の異なる磁区同士の境界から生じる磁界が微小磁区の形成を阻害するために高密度記録が困難となる。それゆえ、記録密度を向上させるためには記録層の膜厚を薄くすることが必要であった。しかし、記録層が非常に薄くなると、室温においても記録磁区の熱揺らぎが発生し、時間の経過に伴って記録磁区の磁化が減少してしまう。その結果、かかる記録磁区を再生したときに再生出力が低下するという問題が生じる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このような面内磁気記録方式における問題を解決する技術として、垂直磁気記録方式が注目されている。垂直磁気記録方式では、磁化容易方向がディスク面に対して垂直な方向の磁性層を記録層として備える磁気記録媒体（以下、垂直磁気記録媒体と称する）を用いる。かかる垂直磁気記録においては、磁化方向の異なる磁区の境界から生じる磁界が微小磁区の形成を阻害するという、上述した面内磁気記録における問題がないので、磁気記録媒体の磁性層の膜厚を厚くすることができる。このため、垂直磁気記録媒体は、高密度記録のために微小化された記録磁区を磁性層に形成することができ、面内磁気記録媒体に比べて熱揺らぎに強い。

【0005】 かかる垂直磁気記録媒体においては、面内磁気記録媒体の面内磁化の磁性層を単純に垂直磁化の磁性層に変更して、磁性層（記録層）を 1 層のみ備える単層タイプの垂直磁気記録媒体が検討されていた。単層タイプの垂直磁気記録媒体は、構造が単純であるものの、面内磁気記録媒体に比べて媒体から発生する漏洩磁界が小さく、再生出力が小さいという問題があった。

【0006】 かかる問題を解決するために、基板と磁性層との間に面内磁化層を形成した 2 層タイプの垂直磁気記録媒体が提案されている。この 2 層タイプの垂直磁気記録媒体では、磁性層の基板側において生じる磁束が面内磁化層を通ることによって磁路が形成されるために、磁性層の基板反対側において生じている漏洩磁界が増大する。それゆえ再生用ヘッドを用いて磁性層からの漏洩

磁界を検出すると再生出力が大きくなる。

【0007】しかしながら、2層タイプの垂直磁気記録媒体では、ノイズの原因である磁性層の磁化反転領域の乱雑な磁区からの磁束も面内磁化層を通過する。それゆえ、2層タイプの垂直磁気記録媒体では再生信号のみならずノイズも増大されてしまう。その結果、信号対ノイズ比(S/N)は単層タイプの垂直磁気記録媒体と同等になっていた。したがって、2層タイプの垂直磁気記録媒体においては、S/Nの観点からするとノイズを減少させることが必要であった。

【0008】本発明は、上記従来技術の問題を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、ノイズを低減し、高S/Nで情報を再生することが可能な垂直磁気記録媒体を提供することにある。

【0009】本発明の別の目的は、40ギガビット/平方インチ(約6.20ギガビット/平方センチメートル)以上の高密度磁気記録を可能とする磁気記録再生装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様に従えば、基板上に、該基板の表面に対して垂直な方向に磁化容易方向を有する磁性層を備え、該磁性層に情報が記録される磁気記録媒体において、上記基板と磁性層との間に下地層を備え、該下地層は、酸化コバルト、酸化クロム、酸化鉄及び酸化ニッケルからなる群から選ばれた少なくとも一種の酸化物から構成される結晶粒子と、当該結晶粒子を取り囲む酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタル及び酸化亜鉛からなる群より選ばれた少なくとも1種の酸化物を含む結晶粒界面部とから構成されることを特徴とする磁気記録媒体が提供される。

【0011】本発明の磁気記録媒体は、基板と情報が記録される磁性層(記録層)との間に、下地層として、酸化コバルト、酸化クロム、酸化鉄及び酸化ニッケルからなる群から選ばれた少なくとも一種の酸化物から構成される結晶粒子と、当該結晶粒子を取り囲む酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタル及び酸化亜鉛からなる群より選ばれた少なくとも1種の酸化物を含む結晶粒界面部とから構成される層を備える。かかる材料から形成される下地層は、磁性層を構成する材料の結晶粒子径及びその分布を自在に制御することができるので、磁気記録媒体から発生するノイズを低減することができる。以下に、その理由を説明する。

【0012】まず、磁気記録媒体のノイズの原因について説明する。一般に、磁気記録媒体から発生するノイズには、記録密度によらない直流消磁後においても発生する成分と、記録密度の上昇に伴い増加する成分とが存在する。垂直磁気記録媒体では、直流消磁後においても発生するノイズは、垂直磁化を有する磁性層の垂直磁気異方性を強化して、垂直方向の磁化曲線の角型比を大きく

することにより減少することがわかってきた。そこで、かかる方法により直流消磁後においても発生するノイズを低減した状態で、もう一方のノイズ成分である記録密度の上昇に伴い増加する成分について調べたところ、そのノイズは主として磁化反転領域(隣接する記録磁区の境界部)で生じていることがわかった。

【0013】磁化反転領域において生じるノイズは、磁性層を構成する材料の結晶粒子が大きいことに起因している。すなわち、結晶粒子が大きくなると円盤状の記録媒体の円周方向における磁化反転領域が減少し、図4の平面図に示すように、磁化反転領域がジグザグになるためである。したがって、磁化反転領域において生じるノイズを低減するためには結晶粒子は小さいほうが望ましい。しかしながら、結晶粒径が数nm程度にまで極めて小さくなると、磁気記録媒体を長期間保存したときに、結晶粒子が長期間反磁界を受けることになるために、熱ゆらぎ減磁作用によって磁化が減少し、情報を再生したときに再生出力が減少してしまう。それゆえ、結晶粒径には適度な大きさが必要であり、その分布も可能な限り小さいことが望ましい。また、結晶粒子を小さくしても結晶粒子間の磁氣的相互作用が大きいと、磁氣的には大きな結晶粒子が存在する状態と同様の状態となる。それゆえ、ノイズを低減するには、結晶粒子が磁氣的に孤立していることが望ましい。

【0014】そこで、本発明では、かかる状態を実現するために、基板と磁性層との間に、酸化物から構成される結晶粒子と、当該結晶粒子を取り囲む結晶粒界面部とから構成される下地層を設けている。酸化物から構成される結晶粒子は、酸化コバルト、酸化クロム、酸化鉄及び酸化ニッケルのうちの少なくとも一種から構成される。結晶粒界面部は、酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタル及び酸化亜鉛のうちの少なくとも1種の酸化物から構成される。かかる下地層は、基板上に成膜するときの成膜条件に従って、析出する酸化コバルト、酸化クロム、酸化鉄または酸化ニッケルの結晶粒子の大きさが一定になる。更に、それら結晶粒子は蜂の巣(ハニカム)状に配列する。すなわち、析出するそれぞれの結晶粒子は、基板面に平行な面内では、正六角形の形状を有し、下地層の基板面に垂直な断面では柱状の形状を有する。そして、このような正六角柱をなす結晶粒子が集合体となり、正六角柱が規則的に配列したハニカム構造を形成している。

【0015】かかる下地層の上に磁性層を形成すると、形成された磁性層は、下地層の構造が反映されて下地層と同様のハニカム構造が形成される。磁性層中の結晶粒子は、下地層中の結晶粒子上から連続してエピタキシャル成長するので、下地層のハニカム構造を適宜調整することにより、その上に所望の粒子径及び結晶配向性の磁性粒子を成長させることが可能となる。このように、下地層は、磁性層の粒子径、粒子径分布及び結晶配向性を

制御する働きを備える。したがって、磁性層の結晶粒子径を微細化することと、粒子径のばらつきをなくすることが可能になり、これらに起因する磁気記録媒体の熱揺らぎやノイズを減少させることが可能となる。更に、磁性層における磁化反転領域がジグザグパターンになることが防止されるので、ノイズを低減することができる。下地層の構造、配向性、結晶粒子径などを制御するには、例えば、結晶粒子を形成する酸化物及び結晶粒界物質の濃度（組成）や、結晶粒界部の材料、成膜条件などを適宜好適に選択すればよい。

【0016】本発明において、下地層の結晶粒子は（111）方位に配向していることが望ましい。これは、かかる方位に配向した下地層上に磁性層を形成すると、磁性層を（001）方位に容易に配向させることができるからである。（001）方位に配向した磁性層は垂直磁化を示す。

【0017】本発明の磁気記録媒体において、磁性層は、例えばCoを主体とし、Cr、Pt、Ta、Nb、Ti及びSiのうちの少なくとも2種類の元素を含有する合金から構成することが望ましく、かかる合金は強磁性を示すことが望ましい。かかる合金は、飽和磁化が大きいために漏れ磁界も大きく、得られる再生信号を増大させることができる。

【0018】本発明の磁気記録媒体は、下地層と磁性層との間に、磁性層の配向性を強化するための制御層を備えることが好ましい。制御層は、TiまたはTiを主体とする合金から構成することができる。かかる制御層を設けることにより、磁性層に所望の磁化容易方向を与えることができるので、更に良好な特性が得られる。この場合、制御層の結晶粒子の形状、寸法及び配置は、下地層のそれらに従うので、制御層上に形成される磁性層も下地層の結晶粒子の形状、寸法及び配置が継承される。

【0019】また、本発明の磁気記録媒体は、基板と下地層の間に面内磁化層を備えることが好ましい。面内磁化層は非晶質の材料から構成されることが好ましく、かかる材料としては、例えば、CoNbZr、FeCoZrB及びFeCoSiBなどが好適である。面内磁化層を構成する材料の磁気特性としては、磁束を十分に通すことが可能であるとともに、磁気ヘッドと磁気記録媒体とによって形成される磁路によって外部磁界が増幅されて記録層の記録状態が変化することを避けることが可能であるような磁気特性であることが望ましく、例えば保磁力が5（Oe）（約395A/m）であり、透磁率が500以上10000以下であることが望ましい。

【0020】本発明の第2の態様に従えば、本発明の第1の態様に従う少なくとも一つの磁気記録媒体を備えることを特徴とする磁気記録装置が提供される。

【0021】本発明の磁気記録装置は、本発明の磁気記録媒体を装着しているので、画像や音声、コードデータなどの情報を、低熱揺らぎ、低熱減磁、低ノイズで高密

度記録することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明に従う磁気記録媒体の実施例について説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0023】

【実施例1】図1に、本発明に従う磁気記録媒体の一具休例を示す。磁気記録媒体100は、基板1上に面内磁化層2、下地層3、磁性層4、保護層5及び潤滑剤層6をこの順で有する。この磁気記録媒体100の製造方法について、適宜成膜した層の組成や構造を分析しながら説明する。

【0024】（1）面内磁化層の形成

直径2.5inch（6.35cm）のガラス基板1上に、面内磁化層2として非晶質構造を有するCoNbZr層を膜厚100nmにて成膜した。面内磁化層2の成膜には、DCスパッタ法を用い、スパッタ時に基板1の加熱は行なわなかった。ターゲットにはCoNbZr合金を用い、放電ガスにはArガスを用いた。

【0025】（2）下地層の形成

次いで、面内磁化層2上に、下地層3としてCoO-SiO₂層をマイクロ波（2.98GHz）を用いた反応性ECR（Electron Cyclotron Resonance）スパッタ法により形成した。ターゲットにはCo-Si合金を用い、放電ガスにはAr-O₂混合ガスを用いた。スパッタ時のガス圧は0.3mTorr（約39.9mPa）、投入マイクロ波電力は1kWであった。また、マイクロ波により励起されたプラズマをターゲット方向に、同時に叩き出されたスパッタ粒子を基板方向に引き込むために、500WのRFバイアス電圧をターゲットと基板の間に印加した。こうして、下地層3としてのCoO-SiO₂膜を20nmの膜厚にて形成した。

【0026】（3）下地層の組成分析、TEMによる観察、μ-EDX分析及び格子像観察

ここで、下地層3であるCoO-SiO₂層の組成を分析した。分析の結果、CoOとSiO₂が2：1の割合（モル比）であることが分かった。

【0027】次いで、下地層3の表面をTEMにより明視野で観察した。その観察像の概略図を図2に示す。図2に示すように、下地層3は、対辺の距離が10nmの正六角形の結晶粒子12（磁性粒子）が均一な幅の結晶粒界部14を隔ててハニカム（蜂の巣）状に規則的に配列したハニカム構造を有していた。

【0028】つぎに、下地層3について、極微小領域のエネルギー分散型X線分析（μ-EDX分析）を行なった。その結果、結晶粒子はコバルトの酸化物で、結晶粒界に存在している物質は酸化ケイ素であった。結晶粒子間の距離（結晶粒界部の幅）は、0.5～1.0nmであった。この結晶粒子間の距離は、ターゲットの組成（CoとSiの比、あるいはCoOとSiO₂の比な

10

20

30

40

50

ど)を変化させることにより所望の値を容易かつ任意に選択することができる。例えば、成膜時に SiO_2 濃度を高くすると、結晶粒子間の距離は長くなる。しかし、 SiO_2 が多量に存在すると酸化コバルトの析出成長が抑制されると推察されるため、結晶粒子間の距離は2 nmを上限とすることが望ましい。ただし、この上限は、基板温度を上げるなど成膜プロセスを最適化することにより、ある程度変化させることができる。

【0029】この下地層3の構造を更に詳しく調べるために格子像観察を行った。観察の結果、コバルト酸化物は結晶質であり、酸化ケイ素は非晶質であることが確認された。結晶質部分の格子定数は、成膜条件、さらには、 CoO にイオン半径の異なる金属(例えば、クロム、鉄、あるいはニッケルなど)又は、これらの酸化物を添加することでも制御できる。

【0030】更に、下地層3の断面をTEMにより観察したところ、基板表面に対して垂直な面においては柱状の組織が観察された。 CoO である結晶粒子の示す柱状構造は、途中で結晶粒子径が変化することなく一定の粒子径を保って上方に成長していることを示していた。これは、基板面に平行な下地層の面内において、サイズの揃った六角柱状の結晶粒子が、ハニカム状に規則的に配列していることを示している。

【0031】また、前述の下地層表面のTEMによる観察結果から、結晶粒子径(正六角形の対辺の距離)、結晶粒子径分布、及び1つの結晶粒子の周囲を取り囲んでいる結晶粒子数(以下、配位粒子数と称する)を解析した。結晶粒子径は、ランダムに選択した一辺が200 nmの正方形の領域に存在する粒子の平均の粒子径とした。その結果、平均粒径は10 nmであった。また、粒子径分布は正規分布をしており、標準偏差(σ)は0.5 nmであった。配位粒子数については、500個の結晶粒子を対象として調べたところ、平均6.01個であった。これは、結晶粒子の粒子径のばらつきが少なく、基板面に平行な面内で結晶粒子の正六角形がハニカム状に極めて規則的に配列していることを示している。ハニカム構造の規則性を反映する配位粒子数は、結晶粒子間隔に依存して変化する。例えば、結晶粒子間に存在する SiO_2 の濃度を低くすると、結晶粒子同士が接近して粒子間隔は狭くなり、同時に粒子形状に乱れが生じることがわかった。また、 SiO_2 濃度を低下させると、配位粒子数も7個の場合があったり、4~5個の場合もあり、配位粒子数のばらつきも大きくなる。その上、二次元の配列に乱れが生じ、ハニカム構造が崩れる。以上のことから、結晶粒子間に存在する SiO_2 は、構造に規則性を持たせる重要な役割を有していることがわかった。

【0032】ここで、比較のために、下地層を構成する CoO-SiO_2 膜をECRスパッタ法以外の通常のマグネトロンスパッタ法により形成した。このマグネトロ

ンスパッタ法による CoO-SiO_2 膜の構造をTEMにより解析したところ、平均粒子径は10 nmであった。粒子径分布は、正規分布をしているものの、標準偏差 σ を求めると1.2 nmであり、粒子径のばらつきが大きかった。また、500個の結晶粒子から配位粒子数を調べたところ平均で6.30個であり、ハニカム構造の規則性が低下していた。このことから、ECRスパッタ法を用いて下地層である CoO-SiO_2 膜を形成すると、この膜の構造の規則性を大きく改善できることが分かった。更に、下地層の構造をX線回折法により解析したところ、 CoO 結晶が(111)の方位に配向していることが分かった。

【0033】(4)磁性層、保護層及び潤滑剤層の形成
上記のように形成した下地層3上に、磁性層4として、 CoCrPt 層をDCスパッタ法により膜厚15 nmにて形成した。ターゲットには CoCrPt 合金を用い、放電ガスにはArを用いた。スパッタ時のガス圧は3 mTorr(約399 mPa)、投入DC電力は1 kW/150 mm ϕ であった。磁性層4の成膜中は、基板を300℃に加熱した。

【0034】次いで、磁性層4上に保護層5として炭素膜を膜厚5 nmにて成膜した。炭素膜の成膜にはマイクロ波を用いたECRスパッタ法を用いた。ターゲットにはリング状の炭素を用い、スパッタガスにはArを用いた。スパッタ時のガス圧は0.3 mTorr(約39.9 mPa)、投入マイクロ波電力は1 kWであった。また、マイクロ波により励起されたプラズマをターゲット方向に、同時にプラズマにより叩き出されたターゲット粒子を基板方向に引き込むために、500 VのDCバイアス電圧をターゲットと基板の間に印加した。なお、バイアス電圧としてDC電圧に代えてRF電圧を用いてもよい。

【0035】最後に、保護層5上に、パーフルオロポリエーテルからなる潤滑剤層6を形成し、図1に示す構造を有する磁気記録媒体100を作製した。

【0036】(5)磁性層のTEMによる観察及びX線回折法による解析

上記製造工程において、磁性層4である CoCrPt 膜の形成後に、磁性層4の表面構造をTEMにより観察した。観察の結果、磁性層4も、下地層3の構造を反映してハニカム構造を有していることが分かった。このTEMによる平面観察から求めた結晶粒子の平均粒子径は10 nmであり、粒子径分布における標準偏差 σ は0.6 nmであった。このように、磁性層4の磁性粒子は、微細化され、かつ、粒子径のばらつきが小さく、下地層と同一の形態であることが分かった。

【0037】つぎに、磁性層4において、1つの結晶粒子の周囲を取り囲んでいる結晶粒子数(配位粒子数)について500個の結晶粒子を対象に調べたところ平均で6.01個であり、下地層3における配位粒子数とよく

10

20

30

40

50

一致していた。これは、六角形状の結晶粒子が下地層 3 から連続して 2 次元的に規則的に配列していることを示している。更に格子像観察により結晶粒子の粒界近傍の構造を調べたところ、結晶粒子とその周囲の粒界部分とでは磁性層 4 の組織が異なっていた。特に、粒界部では格子の乱れが観察され、結晶部分と異なる配向であることがわかった。上述の下地層 3 の組織観察の結果から、格子の乱れた部分は下地層 3 の粒界部分に対応していた。

【0038】また、磁性層 4 の断面構造を TEM により観察した。観察の結果、下地層 3 と磁性層 4 との間には格子のつながりが観察され、磁性層 4 は下地層 3 からエピタキシャル成長していることがわかった。また、結晶相と粒界相とでは、磁性層 4 の成長様式が異なり、異なる金属組織を有していることがわかった。特に、下地層 3 の結晶粒子からは磁性層 4 まで良好な柱状組織が成長していた。一方、粒界相上の磁性層部分は明確な組織を示していなかった。このことから粒界相上の磁性層部分は多結晶体の集合体であり、非磁性的な挙動を示すと考えられる。更に、磁性層 4 を X 線回折により調べると、磁性層 4 は (00, 1) の方位に配向しており、c 軸が膜面に対して垂直であることがわかった。これは磁性層 4 が垂直磁化膜であることを示している。

【0039】ところで、本実施例で用いた基板の材質や寸法は例示にすぎず、任意の材質及び寸法のディスク基板を用いても構わない。例えば、Al や Al 合金などの金属、更にはアモルファスポリオレフィンやポリカーボネートなどの樹脂基板を用いてもよい。

【0040】また、下地層 3 の形成においては、ターゲットとして Co-Si 合金を用い、スパッタガスとして Ar-O₂ 混合ガスを用いたが、CoO と SiO₂ を 2:1 に混合して焼結した材料をターゲットに用い、純アルゴンを放電ガスに用いてもよい。また、これら各元素(化合物)を単体で焼結したものをターゲットに用い、二元同時スパッタにより成膜しても同様の膜が得られ、成膜法やターゲットの種類には依存しない。マイクロ波を用いた ECR スパッタ法を用い、スパッタ粒子のエネルギーを精密に制御することにより良好な結果が得られ、この場合、膜厚を 5 nm 程度に薄くしても、100 nm 程度に厚くしても、得られる膜の表面及び断面の組織や構造、粒子サイズ、粒子サイズ分布などに、膜厚に依存した変化は見られなかった。しかも、ECR スパッタ法を用いると、成膜初期において初期成長層なども観察されなかった。膜厚が 3 nm 以下の場合、成膜装置の都合上、安定して作製することが困難であり、膜厚が 100 nm 以上の場合、成膜に時間がかかるので製造効率が低下する。

【0041】また、上記磁気記録媒体の製造工程において、保護層形成の際にスパッタガスとして Ar を使用したが、窒素を含む混合ガスを用いてもよい。窒素を含む

混合ガスを用いると、スパッタされた炭素粒子が微細化するとともに、得られる炭素膜が緻密化し、保護性能をさらに向上させることができる。保護層の膜質は、このようなスパッタ条件に大きく依存しているので、スパッタ条件は絶対的なものではない。なお、本実施例において保護層の成膜に ECR スパッタを用いたのは、緻密で且つピンホールフリーな膜が得られるからである。

【0042】

【実施例 2】本実施例では、本発明に従う磁気記録媒体の別の具体例として図 3 に示すような積層構造を有する磁気記録媒体 200 を作製した。磁気記録媒体 200 は、実施例 1 の磁気記録媒体 100 の下地層 3 と磁性層 4 との間に、磁性層 4 の結晶配向を強化するための配向制御層 7 を備えた構造を有する。かかる磁気記録媒体 200 の製造方法を以下に説明する。

【0043】(1) 磁気記録媒体の作製

2.5" (6.35 cm) サイズのガラス基板 1 上に、面内磁化層 2 として非晶質構造を有する CoNbZr を膜厚 100 nm で成膜した。成膜には DC スパッタ法を用い、Ar ガス圧を 3 mTorr、投入 DC 電力を 1 kW/150 mmφ としてスパッタした。スパッタの際に基板の加熱は行なわなかった。

【0044】次いで、面内磁化層 2 上に下地層 3 として CoO-SiO₂ 膜をマイクロ波 (2.98 GHz) を用いた反応性 ECR スパッタ法により形成した。スパッタ条件は実施例 1 において下地層を形成したときと同じ条件とした。

【0045】つぎに、下地層 3 上に配向制御層 7 として TiCr 膜を DC スパッタ法により膜厚 5 nm にて形成した。ターゲットには、TiCr 合金を用い、スパッタガスには Ar を用いた。スパッタ時のガス圧は 3 mTorr (約 399 mPa)、投入 DC 電力は 1 kW/150 mmφ であった。配向制御層 7 を X 線回折により解析したところ、(00, 1) の方位に配向していた。

【0046】次いで、配向制御層 7 上に磁性層 4 として CoCrPt 層を DC スパッタ法により膜厚 15 nm にて成膜した。成膜中、基板の温度を 300℃ にし、スパッタガスの圧力を 3 mTorr (約 399 mPa)、投入 DC 電力を 1 kW/150 mmφ にした。つぎに、磁性層 4 上に、保護層 5 として炭素膜を膜厚 5 nm にて成膜した。成膜にはマイクロ波を用いた ECR スパッタ法を用いた。スパッタ時のガス圧を 3 mTorr (約 399 mPa)、投入マイクロ波電力を 1 kW に設定した。また、マイクロ波により励起されたプラズマをターゲット方向に、同時にプラズマにより叩き出されたターゲット粒子を基板方向に引き込むために、500 V の DC バイアス電圧をターゲットと基板の間に印加した。

【0047】次いで、保護層 5 上にパーフルオロポリエーテルからなる潤滑剤を膜厚 2 nm にて塗布して潤滑剤層 6 を形成した。こうして図 3 に示す積層構造を有する

磁気記録媒体 200 を作製した。

【0048】(2) 磁性層の TEM 観察

磁気記録媒体 200 の製造過程において、磁性層 4 の形成後に、磁性層 4 の構造を TEM 観察により調べた。TEM の観察によると、下地層 3 及び配向制御層 7 の組織を反映して、磁性層 4 は蜂の巣（ハニカム）状の構造を有していることがわかった。また、電子顕微鏡による平面観察から粒子の平均粒径を調べたところ、平均粒径は 10 nm であり、粒径分布は標準偏差： σ で 0.6 nm であった。このように、磁性層 4 の粒子は微細化されており、粒径サイズの分布も小さく、下地層 3 と同一の形態であった。

【0049】つぎに、磁性層 4 において、1 個の結晶粒子の周囲を取り囲んでいる結晶粒子数（配位粒子数）について 500 個の結晶粒子を対象に調べたところ平均 6.01 個であり、下地層 3 における配位粒子数とよく一致していた。これは、粒径サイズの揃った六角形状の結晶粒子が下地層 3 から連続して 2 次的に規則的に配列していることを示している。

【0050】更に格子像観察により結晶粒子の粒界近傍の構造を調べたところ、結晶粒子とその周囲の粒界部分とでは磁性層 4 の組織が異なっていた。特に、粒界部分では格子の乱れが観察され、結晶部分と異なる配向であることがわかった。実施例 1 の下地層 3 の組織観察の結果と合わせて考えると、格子の乱れた部分は下地層 3 の粒界部分に対応していると考えられる。

【0051】また、磁性層 4 の断面構造を TEM により観察した。観察の結果、下地層 3 と磁性層 4 との間には格子のつながりが観察され、磁性層 4 は下地層 3 からエピタキシャル成長していることがわかった。また、結晶相と粒界相とでは、磁性層 4 の成長様式が異なり、異なる金属組織を有していることがわかった。特に、下地層 3 の結晶粒子は磁性層 4 まで連続して良好な柱状組織が成長していた。一方、粒界相上の磁性層部分は明確な組織を示していなかった。このことから粒界相上の磁性層部分は多結晶体の集合体であり、非磁性的な挙動を示すと考えられる。

【0052】(3) 磁性層の X 線回折による解析

更に、磁性層 4 を X 線回折により調べたところ、磁性層は (00, 1) の方位に配向しており、c 軸が膜面に対して垂直であることがわかった。これは、磁性層 4 が垂直磁化膜であることを示している。また、X 線回折強度曲線を詳細に調べると、磁性層 4 の (00, 2) 反射の半値幅は 2° であった。配向制御層 7 である TiCr 層を設けない実施例 1 の磁気記録媒体 100 の磁性層 4 と比較すると、この半値幅の値は約 $1/2$ となっている。この結果から、磁性層 4 の (00, 1) 方位への配向が、配向制御層 7 である TiCr 層により強化されたことがわかる。

【0053】(5) 磁気記録媒体の磁気特性の測定

次いで、この磁気記録媒体 200 の磁気特性を測定した。測定の結果、膜面垂直方向における磁気特性は、保磁力が 3.1 kOe (約 244.9 kA/m)、 I_{sv} が 2.5×10^{-16} emu、M-H ループにおけるヒステリシスの角型比 S は 0.95 であり、良好な磁気特性を有していた。このように、角型比が大きいのは、下地層の結晶粒界部を反映して磁性層の成長機構が異なったために、磁性層の磁性結晶粒子間での磁氣的相互作用が低減されたためである。

【0054】つぎに、前述の磁気記録媒体の製造工程と同様の方法により複数枚の磁気記録媒体を作製し、それらを図 5 に示すような断面構造を有する磁気記録装置 500 に組み込んだ。図 5 に示すように、磁気記録装置 500 は、磁気ヘッド 82、サスペンション 83、アクチュエータ 84、駆動回路 85、記録再生回路 86、位置決め回路 87、インターフェース制御回路 88 及び複数の磁気記録媒体 100 を備える。図 5 において、磁気ヘッド 82 は、記録用磁気ヘッド（不図示）及び再生用磁気ヘッド（不図示）が一体化された磁気ヘッドである。記録用ヘッドは、2.1 T の高飽和磁束密度を有する軟磁性層を用いた薄膜磁気ヘッドであり、再生用磁気ヘッドは、巨大磁気抵抗効果を有するデュアルスピバルブ型の GMR 磁気ヘッドである。この一体型の磁気ヘッド 82 は、サスペンション 83 により保持されており、サスペンション 83 はアクチュエータ 84 と駆動回路 85 とからなる磁気ヘッド駆動系により制御される。サスペンション 83 及び駆動回路 85 は、位置決め回路 87 に接続されている。位置決め回路 87 はインターフェース制御回路 88 に接続されており、インターフェース制御回路 88 は記録再生回路 86 に接続されている。また、記録再生回路 86 はサスペンション 83 を通って磁気ヘッド 82 に接続されている。かかる構成の磁気記録装置 500 において、複数の磁気記録媒体 100 はスピンドル 52 により同軸回転されており、磁気記録媒体 100 の回転時には、磁気ヘッド 82 の底面と磁気記録媒体 100 の表面との距離が 15 nm になるように制御される。

【0055】この磁気記録装置 500 に組み込まれた磁気記録媒体 100 に 40 Gbits/inch² (6.20 Gbits/cm²) に相当する信号を記録してディスクの S/N を評価したところ、32 dB の再生出力が得られた。また、実施例 1 で作製した磁気記録媒体についても同様に、複数枚の磁気記録媒体を作製して図 5 と同様の構造を有する磁気記録装置に組み込み、40 Gbits/inch² (6.20 Gbits/cm²) に相当する信号を記録してディスクの S/N を評価した。その結果、30 dB の S/N が得られた。また、これらのディスクの欠陥レートを測定したところ、信号処理を行わない場合の値で 1×10^{-5} 以下であった。

【0056】ここで、磁気力顕微鏡 (MFM) により磁

10

20

30

40

50

化反転単位を測定したところ、磁化反転単位は結晶粒子 2~3 個分程度であり、十分に小さいことがわかった。磁化遷移領域に存在するジグザグパターンも従来の磁気記録媒体よりも小さいことがわかった。また、熱ゆらぎや熱による減磁も発生していなかった。

【0057】

【比較例】この例では、比較として、粒径制御用の CoO-SiO_2 下地層を設けない磁気記録媒体を製造した。かかる磁気記録媒体の製造方法を以下に説明する。

【0058】まず、ガラス基板を用意し、ガラス基板上に面内磁化を有する CoNbZr 層を膜厚 100 nm で形成した後、 CoNbZr 層上に記録層として CoCrPt 層を膜厚 15 nm にて直接形成した。次いで、 CoCrPt 層上に、保護層としての炭素膜を膜厚 5 nm にて、潤滑剤層を膜厚 2 nm にて順次形成した。かかる磁気記録媒体は、実施例 1 で作製した磁気記録媒体において、粒径を制御するための CoO-SiO_2 下地層を有しない以外は、同様の構造を有する。基板上の各層の成膜方法及び条件は、実施例 1 と同様である。

【0059】こうして得られた磁気記録媒体に情報を記録し、その情報を再生すると、ノイズが増大しており、エラーレートも増大していた。

【0060】以上、本発明の磁気記録媒体について実施例 1 及び 2 により説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。上記実施例 1 及び 2 の磁気記録媒体では、基板上に面内磁化層が形成された積層構造にしたが、かかる積層構造に限定されるものではなく、例えば、図 6 に示すように、面内磁化層を設けずに基板 1 上に CoO-SiO_2 から構成される下地層 3 を直接形成し、その上に CoCrPt から構成される磁性層 4 を形成した構造にすることも可能である。また、更に別の構成として、例えば、図 7 に示すように、基板 1 上に CoO-SiO_2 から構成される下地層 3 を直接形成し、下地層 3 上に配向制御層 7 及び磁性層 4 を順に積層した構造にしてもよい。このように基板上に面内磁化層を形成しない構造の磁気記録媒体も、ノイズを低減することができ、高 S/N で情報を再生することができる。

【0061】上記実施例 1 及び 2 では、下地層の結晶粒子を構成する材料として酸化コバルト CoO を用いたが、組成比の異なる Co_3O_4 でもよく、酸化クロム、酸化鉄又は酸化ニッケルを用いても CoO 同様の正六角形の規則的な結晶粒子が得られる。さらに、結晶粒界面の物質として実施例 1 及び 2 では SiO_2 を用いたが、これ以外に、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタルあるいは酸化亜鉛を用いても SiO_2 同様の結晶粒子を均一に隔てる結晶粒界面部が得られる。

【0062】また、磁性層を構成する材料として CoCrPt を用いたが、 Pt の代わりに Pd 、 Tb 、 Gd 、 Sm 、 Nd 、 Dy 、 Ho または Eu を用いてもよく、 CoCrPt に、例えば Ta 、 Nb 、 Si 、 B または V などの元素を添加して 4 元系としてもよい。また、これらの中から複数の元素を含んでもよいことは言うまでもない。

【0063】

【発明の効果】本発明の磁気記録媒体は、基板と磁性層との間に、正六角形の結晶粒子が均一な幅の結晶粒界面を介して規則的に配列したハニカム構造を有する下地層を備えるので、磁性層はかかる下地層の構造が反映され、結晶粒子径が微細化されるとともに粒径のばらつきも低減される。また、磁性層は垂直磁化層であるので熱ゆらぎに強く、更なる高密度記録化が実現できる。それゆえ、本発明によれば、ノイズが低減された高密度記録に好適な磁気記録媒体を提供することができる。更に、基板と下地層との間に面内磁化層を形成することにより、磁性層からの漏洩磁界が増大されるので、ノイズを低減しつつ信号のみを増大することができ、その結果、高 S/N で情報を再生することが可能となる。

【0064】また、本発明の磁気記録媒体を備える磁気記録装置は、 40 Gbits/inch^2 (6.20 Gbits/cm^2) を超える記録密度での記録が可能であるので、超高密度記録用の磁気記録装置として極めて有望である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に従う磁気記録媒体の概略断面図である。

【図 2】本発明に従う磁気記録媒体の下地層の平面構造を模式的に示す図である。

【図 3】実施例 2 で作製した本発明に従う磁気記録媒体の概略断面図である。

【図 4】磁性層の磁化反転領域の様子を模式的に示す平面図である。

【図 5】本発明に従う磁気記録装置の概略構成図である。

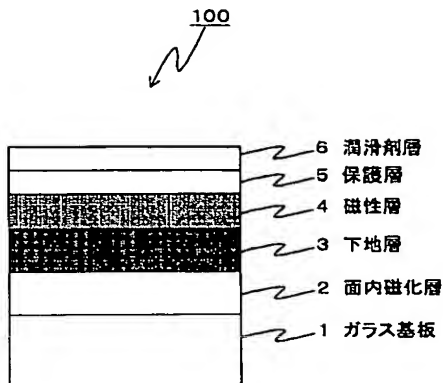
【図 6】本発明に従う磁気記録媒体の別の具体例の概略断面図である。

【図 7】本発明に従う磁気記録媒体の更に別の具体例の概略断面図である。

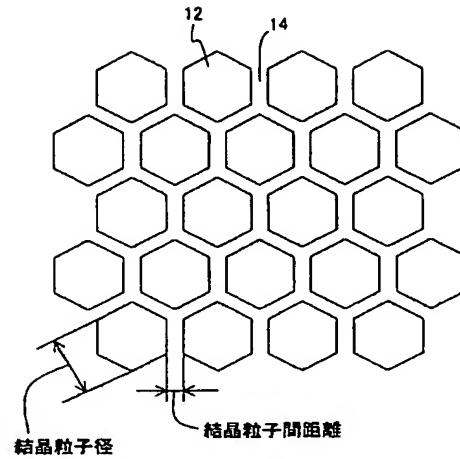
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 面内磁化層
- 3 下地層
- 4 磁性層
- 5 保護層
- 6 潤滑剤層
- 7 配向制御層
- 100、200 磁気記録媒体
- 500 磁気記録装置

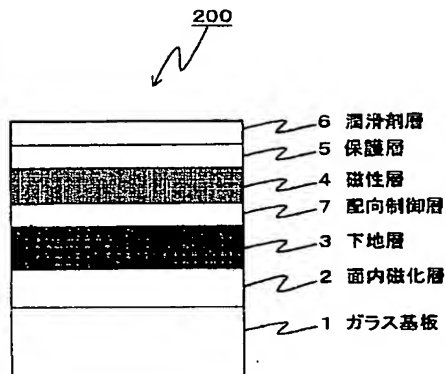
【図1】



【図2】

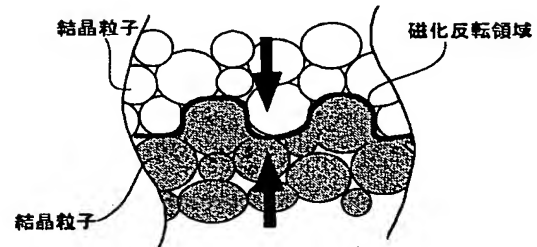


【図3】

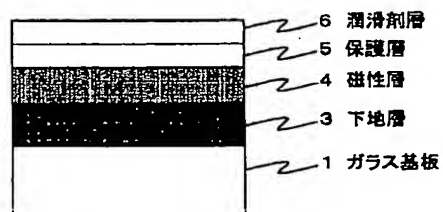


12 結晶粒子
14 結晶粒子間距離

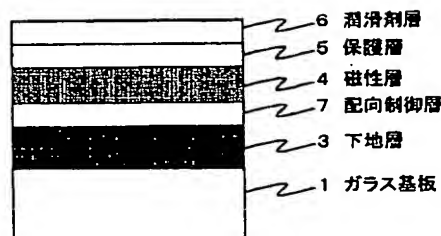
【図4】



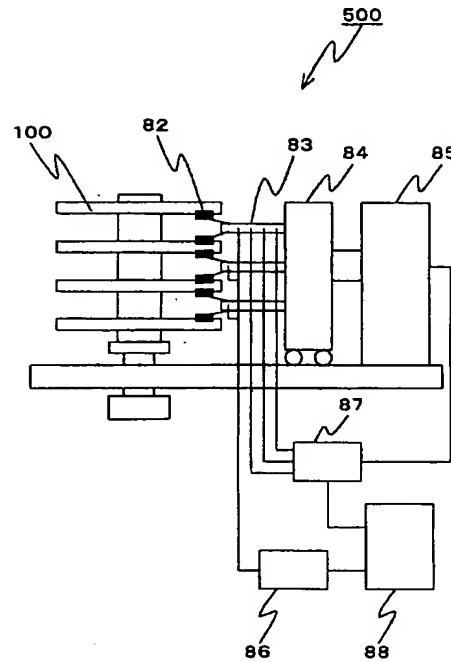
【図6】



【図7】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 稲葉 信幸

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ
クセル株式会社内

(72)発明者 若林 康一郎

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ
クセル株式会社内

(72)発明者 渡部 篤美

大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ
クセル株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB01 BB09 CA01 CA05 CA06
DA08

5E049 AA01 AA04 AA09 AC05 BA06
DB04 DB12 DB14 DB18 DB20